

三角洲、以及加里福尼亚 Channal 島盆地中的近代沉积中发现的烷—环烷和芳香烃类和原油中的情况相似；在委内瑞拉 Orinoco 三角洲地区夹于泥岩中的小型砂透镜体中碳氢化合物是真实的聚集，这些碳氢化合物的年龄小于1万年，但是少数样品深度超过了100呎，同样的证据在海灣滨海区也获得了。由于我們現代已經具备了研究石油生成、运移和聚集問題所需的有效的工具，通过近代沉积领域中关于石油生成运移和聚集过程的研究可以以解决这个为难的問題。

目前石油地质工作者在实践中，把儲油岩中的油归结和儲油岩相似的年代，这是可能的；在年青沉积层系中的石油从另外一些生油层形成，不是重要的，在世界油田总数中它們是微不足道的一部分。

与石油运移和聚集相联系的石油生成于下伏老的沉积岩中的可能性問題，由于石油地质工作初期，沒有大量的油田資料，也沒有从許多角度来探索，因此流行着一种想法，即年青沉积中的石油可以来源于下伏的暗色沉积层系的推論，但从运移的观点来看，一般來說这是不可能的；因为，地质学家沒有想过石油如何垂直横穿几千呎运移的，也沒有想过为什么运移要在几百万年（甚至更大），一直到恰恰合适的时候，同时汇集大量的石油以后才开始运移，也沒有想过为什么在运移通道上有适宜的儲油层，又沒有留下任何痕迹，也缺乏对这么多大量石油长时期在原地保存的条件的考虑，以及已經大量逸出碳氢化合物的生油岩若

为什么还如此高含碳氢化合物又作何解释。以西部加拿大 Athabaska 石油的生油岩为例，某些地质工作者相信白堊紀砂岩中的石油起源于泥盆紀，但在二者之間有一个巨大的侵蚀不整合，看来这么大量的石油（300亿桶）要等待大約2亿年才离开泥盆紀运移200哩是有困难的，何况世界上石油生成广泛的事实表明象石灰岩这样的条件，生成石油是非常不显著的。工作結果証明了 Athabaska 石油和任何泥盆紀石油是不同的，石油是中生代洼地中低压大孔隙大渗透性条件下，区域性运移聚集形成。

与油气运移和聚集有关的石油形成的埋藏深度問題还存在着爭論，作者认为丰富的石油在一定的最大和最小深度范围外就变得貧乏，最有利于石油形成的埋藏深度和各个盆地中是不同的，一般埋藏深度为2000呎~9000呎之間，在6000呎附近凝析作用可以形成，輕度原油易溶解成为大数量的气体碳氢化合物。

作者相信近地表沉积物中气体地球化学异常可以指示深部的石油聚集，气体运移的扩散量是存在的。

作者还指出运移和聚集过程中足够的封閉环境和被封閉的时间界限这一个重要条件，往往被忽视了。断层可以作为运移的通道，也是阻碍油气运移形成封閉条件的控制因素。

最末作者討論了三角洲是石油生成最适宜的地方。（《石油普查勘探手册》第五章

1961年出版莫德 G. B. 主編陈煥疆摘譯）

地球化学勘测

約翰·阿达姆斯

自第二次世界大战結束以来，許多完全新的地球化学方法和技术发展了，它用于解决地质和調查勘探中的問題，并导致了大規模的突然的研究活动的开展；为了适应地球化学研究增长的需要，1950年出版了“地球化学和宇宙化学学报”也出版了各种地球化学概論和专门著作（兰卡瑪等1950年，法犹尔1954年，兰卡瑪1954年，阿培尔森1959年；以及“地球物理和地球化学”专集三册）；1955年还组成了国际地球化学协会。除此以外，苏联在地球化学方面的著作，占有大量的篇幅并繼續在积累中。这种地球化学研究的大为扩展的研究活动还在繼續发展，它对前一时任何討論，放弃在石油普查勘探工作中应用地球化学的問題，又

构成了新的威胁。阿达姆斯等（1958年），法犹尔（1959年）麦馬娜等（1959年；霍尔賽斯（1959年），阿达姆斯（1960年）都对古生絕对年表的正确程度，表示了极大的怀疑；古生代年表的較大修正将会涉及到許多主要地质过程，包括石油的形成，聚集和保存問題的重新考虑。由于一系列地球化学技术，在石油普查和勘探工作中应用的中心問題是描述有利于石油形成的环境，为此，我們將这些地球化学技术分别就以下的題目进行討論：

一、微量元素分析：化学元素的丰度和分布的确定是地球化学基本研究項目之一J. 格林（1953年）*曾总结了当代在各种不同的岩石內元素浓度的知識，所

* 校者：1959年：J. 格林修改了1953年內地球化学表增补了重新測定的原子量和原子半径的精密数据，原子在岩石及矿物中新的丰度数据，以及补充了原子核与电化数值。

观察到的元素分布, 以及与元素分布相联系的地球化学机理和地質过程; 是石油普查勘探评价感兴趣的資料; 因为它们提供了石油堆聚的綫索。以下几个例子可以說明微量元素在某些方面能够被应用:

凱斯和狄琴斯 (*1959年) 以及狄琴斯, 威廉姆和凱斯 (1958年) 曾經指出: “沉积岩的微量元素分析可以提供許多标准, 用以区别海相与淡水的不同类型岩石; 最有意义的微量元素如象鋰、硼、硫和氟是属于海洋化学相的元素”。海相頁岩有比淡水頁岩更富含硼和鋰的傾向。这种观察将有助于描述那些不可能获得化石, 又具备这些微量元素指标的盆地。今后对这些微量元素地球化学指标”的评价和应用, 必須期待更多的深入研究工作。由于 α 射綫螢光分析新技术的应用, 将允許更迅速和更精确的測定許多微量元素和环境之間的关系。

阿达姆斯和佛尔 (1958年) 研究了沉积过程中鈾和鈾的分布状态; 在风化过程中鈾傾向于氧化, 并轉变为溶液, 反之, 鈾不存在这种现象; 于是在陆相沉积中鈾相对于鈾來說, 它趋向于濃縮。从另外一些方面来看, 碳酸盐岩石和黑頁岩中, 鈾又相对于鈾, 趋向于濃縮。从地球化学相考虑鈾和鈾可以用于区别海相和陆相沉积, 以及作为风化壳的指标加以应用。

在許多碳酸盐和砂岩中鈾的含量是頁岩或泥岩含量的指标, (巴拉諾夫、罗諾夫和庫娜佐瓦 1956年, 阿达姆斯和惠佛尔 1958年罗皮 1957)。在丹佛—約尔斯基盆地天然伽瑪輻射与渗透性之間找到一种关系, 这种关系之所以成立, 是因为在儲油层基質或胶結物中的成份主要是粘土, 而粘土的鈾、鈾、鉀含量一般高于石英砂, 而鈾、鈾、鉀是天然伽瑪射綫活动的唯一来源, 研究他們在沉积岩中的分布, 可以为伽瑪射綫录并提供另外一些更詳細的解释資料。

罗諾夫 (1958年) 最近完成的与石油普查勘探有广泛联系的地球化学研究的另一个类别, 它报导了采自俄罗斯地台所有沉积类型和各种地質年代的 26000 个有机碳的測定結果, 認為“有机物質堆积具有剧烈期和輕微期的交替現象”, 这种現象同样为托辣斯克和巴特諾德 (1942年) 的研究工作所发现。罗諾夫总结到“借助于定量的岩性——地球化学图, 根据俄罗斯地台法拉斯宁区域 D₁ 泥岩、碳酸盐和砂岩中, 有机碳分布的指示, 在接近伏尔加——烏拉尔含油盆地时, 岩石中的有机碳含量增加了, 并且在烏拉尔区域达到了极大值”, 这种趋向在粘土层中最为明显; 并且亚鉄状态的鉄的百分含量的增加, 和有机碳的增加是一致的。

二、煙类的詳細分析: 近年来煙类分析已經赶上了无机分析已有的巨大发展; 目前已有可能对存在于

沉积中浓度为百万分之一或更少含量的許多碳氢化合物进行測定, 并表示其特征 (斯密斯 1954年; 更斯新 1959年; 阿培尔森 1959年); 由于一整套新技术的使用, 在大大提高灵敏度方面取得了成就, 这些新技术包括吸收光譜, 色层法, 螢光法和質量光譜。汉森 (1959年) 和曼斯新 (1959年) 最近根据新的証据探討了石油形成和聚集問題。阿培尔森 (1959年) 建議了一个与石油普查勘探直接有关系的假說即注意前寒武紀的問題: “对地盾周围的辛勤調查, 可以发现老的未經干扰过的沉积层內, 包含有可抽提有机質的份量”, 斯頂 (1958年) 从明尼苏达前寒武紀岩石中成功地測定了瀝青物質的浓度和其一般組份。

由于近代分析技术对許多不同类型有机化合物都如此的灵敏, 因此在石油普查勘探工作中, 应用碳氢化合物的詳細分析, 往往构成非常困难和复杂化的事实。目前企图从土壤中的碳氢化合物和細菌分析去測定来源于儲油层中的渗透是有极大可能的。同时在實驗室或从理論上推断去找到某一組或某一类有机物, 用以区别它是从儲油层中逸出的碳氢化合物, 还是現代土壤中保存的碳氢化合物也是可能的。这方面已經了解了一些重要的規律, 如所有已知油儲中的碳氢化合物, 由于它长期与大气隔絕, 因而它們不应该有任何的放射性碳十四剩留其中; 为此任何从油儲中直接滲漏出来的碳氢化合物将不存在現代碳都有的碳十四标志 (Libby 1955年)。其次, 地質年代中将发生有机化合物的某部份的骨构有不同的破坏过程; 对許多氨基酸相对稳定性的研究, 已經同时在實驗室試驗和古代岩石分析中进行着 (阿培尔森 1959年; 艾尔特曼、瑪立特和汉森 1956年)。最后, 應該注意到生物化学或者生物演化变态存在的特点也开始产生的事实; 因此, 在过去地質年代里, 构成有机体有机化合物的相对丰度和类型, 正象他們的硬壳部份的相对丰度和形态一样, 已經起了变化 (巴尔特温 1949年; 福罗尔肯 1949年)。

三、同位素分析: 对稳定同位素氢、碳、氧、氮和硫諸元素自然分溜的研究, 仅仅只有几年的时间 (兰卡瑪 1954年), 迄今为止, 由于綜合考虑了岩石分析實驗室試驗和理論上研究的成果, 对同位素分溜研究已有了足够的認識, 并在理解地質过程上作出了貢獻。海灣盐丘区碳酸盐頂冠中游离硫和碳的同位素分析是一个很好的研究实例 (地奧特等 1954年, 奥尔特 1959年), 区域内較輕的碳和硫同位素的富集, 清楚地指出了岩盐中硬石膏的細菌还原和在頂冠中石油的細菌氧化。雪弗尔曼和意帕斯坦 (1958年) 对石油中碳的同位素組份初步研究的資料和結論, 为石油形成和聚集提供了某些重要的綫索, 事实是海相和陆相微生

物之間放射性 C^{13}/C^{12} 比值大小的区别,为地質学上海相与非海相沉积中石油之間的区别的相似性提出了輔証;說明了石油可以起源于非海相沉积中(象起源于海相沉积中一样),他們还观察到天然气中碳的同位素要比所研究石油中的碳同位素要“輕一些”,这样就导出了:任何已分析过的石油不象会大量地释放出或轉变为天然气的結論;赫易林和莫利(1958年)研究石油和天然气中氮同位素組份时亦有类似的結論,即天然气中氮同位素要比所伴随的石油中的氮同位素要“輕一些”,到目前为止,这些同位素以及其他同位素研究的重要貢獻是在一定範圍内进一步提出了石油形成和聚集的可能性。

四、絕对年令測定:泰尔通和底威斯(1959年)重新校正了以化石为時間基准,划分的絕对年代的現代規定;他們的結論认为:目前絕对年令測定的情况,远不能滿足需要,任何找到过的精細的測定方法,在石油普查勘探中許多方面的应用亦是重要的。而应该指出这个近似的但非常有用的絕对年令,能够从相当少量的藏物如海綠石;自生鉀长石和黑云母中間获得。特别是当需要知道一个火成岩侵入体是否属于前寒武紀的情况下,現代质谱方法在驗証一个侵入体或为熔岩流所复盖的可能含有油藏的沉积岩的地下地层情况时是非常有帮助的。

References

- Abelson, P. H.: *Geochemistry of Organic Substances*, pp. 79—103 in "Researches in Geochemistry," P. H. Abelson (ed.), John Wiley & Sons, Inc., New York, 1959.
- Adams, J. A. S., and C. E. Weaver: *Thorium-to Uranium Ratios as Indicators of Sedimentary Processes: Example of concept of geochemical facies*, *Bull. AAPG*, vol. 42, pp. 387—430, 1958.
- Adams, J. A. S., G. Edwards, W. Henle, and J. K. Osmond: *Absolute Dating of Bentonites by Strontium-Rubidium Isotopes*, *Bull. Geol. Soc. Am.*, vol. 69, p. 1527, 1958.
- Adams, J. A. S., J. K. Osmond, G. Edwards, and W. Henle: *Absolute Dating of the Middle Ordovician*, *Nature*, vol. 188, pp. 836—838, 1960.
- Ault, W. U.: *Isotopic Fractionation of Sulfur in Geochemical Processes*, pp. 241—259 in "Researches in Geochemistry," P. H. Abelson (ed.), John Wiley & Sons, Inc., New York, 1959.
- Baldwin, E.: "An Introduction to Comparative Biochemistry" Cambridge University Press, New York, 1949.
- Baranov, V. I./A. B. Ronov, and K. G. Kunashova: *On the Geochemistry of Thorium and Uranium in Clays and Carbonaceous Rocks of the Russian Platform*, *Geokhimiya (Geochemistry)*, No. 3, pp. 3—8, 1956. (See review, *Bull. AAPG*, vol. 41, pp. 146—148, 1957).
- Degens, E. T., E. G. Williams, and M. L. Keith: *Environmental Studies of Carboniferous Sediments, II, Application of Geochemical Criteria*, *Bull. AAPG*, vol. 42, pp. 981—997, 1958.
- Erdman, J. G., E. M. Marlett, and W. E. Hanson: *Survival of Amino Acids in Marine Sediments*, *Science*, vol. 124, p. 1026, 1956.
- Faul, H. (ed.): "Nuclear Geology," John Wiley & Sons, Inc., New York, 1954.
- Fanl, H.: "Geologic Time Scale" *Bull. Geol. Soc. Am.*, vol. 71, pp. 637—644, 1960.
- Florkin, M.: "Biochemical Evolution," Academic Press, Inc., New York, 1949.
- Green, J.: *Geochemical Table of the Elements for 1953*, *Bull. Geol. Soc. Am.*, vol. 64, pp. 1001—1012, 1953.
- Hanson, W. E.: *Some Chemical Aspects of Petroleum Genesis*, pp. 104—117 in "Researches in Geochemistry," P. H. Abelson (ed.), John Wiley & Sons, Inc., New York, 1959.
- Hoering, T. C., and H. E. Moore: *The Isotopic Composition of the Nitrogen in Natural Gases and Associated Crude oils*, *Geochim. et Cosmochim. Acta*, vol. 13, pp. 225—232, 1958.
- Holmes, A.: *A Revised Geological Time-Scale*, *Trans. Edin. Geol. Soc.*, vol. 17, part 3, pp. 183—216, 1959.
- Keith, M. L., and E. T. Degens: *Geological Indicators of Marine and Fresh-water Sediments*, pp. 38—61 in "Researches in Geochemistry," P. H. Abelson (ed.), John Wiley & Sons, Inc., New York, 1959.
- Libby, W. F.: "Radiocarbon Dating", 2d ed., University of Chicago Press, Chicago, 1955.
- Mayne, K. I., R. St. J. Lambert, and D. York: *The Geological Time-Scale*, *Nature*, vol. 183, pp. 212—214, 1959.

- Meinschein, W. G.: The Origin of Petroleum, Bull. AAPG, vol. 43, pp. 925—943, 1959.
- "Physics and Chemistry of the Earth," vol. 1, 1956, vol. 2, 1957, Pergamon Press, Ltd., London.
- Rabe, C. L.: A Relation between Gamma Radiation and Permeability, Denver-Julesburg Basin, Petrol. Trans. AIME, Tech. Note 403, vol. 210, pp. 358—360, 1957.
- Rankama, K.: "Isotope Geology," Pergamon Press, Ltd., London, 1954.
- Rankama, K., and T. G. Sahama: "Geochemistry," University of Chicago Press, Chicago, 1950.
- Ronov, A. B.: Organic Carbon in Sedimentary Rocks (in Connection with Source Sediments of Petroleum), Geokhimiya (Geochemistry), No. 5, pp. 409—423, 1958.
- Silverman, S. R., and S. Epstein: Carbon Isotopic Compositions of Petroleum and other Sedimentary Organic Materials, Bull. AAPG, vol. 42, pp. 998—1012, 1958.
- Smith, Jr., P. V.: Studies on the Origin of Petroleum: Occurrence of Hydrocarbons in Recent Sediments, Bull. AAPG, vol. 38, pp. 377—404, 1954.
- Swain, F. M., A. Blumentals, and N. Prokopovich: Bituminous and Other Organic Substances in Precambrian of Minnesota, Bull. AAPG, vol. 42, pp. 173—189, 1958.
- Thode, H. G., R. K. Wanless, and R. Wallouch: The Origin of Native Sulfur Deposits from Isotope Fractionation Studies, Geochim. et Cosmochim. Acta, vol. 5, pp. 286—298, 1954.
- Tilton, G. R., and G. L. Daris: "Geochronology," pp. 190—216 in "Researches in Geochemistry," P. H. Abelson (ed.), John Wiley & Sons, Inc. New York, 1959.
- Trask, P. D., and H. W. Patnode: "Source Beds of Petroleum," AAPG, Tulsa, Okla., 1942.

(譯自《石油普查勘探手冊》第十二章，
1961年出版 莫·德 G. B. 主編
周公度譯 陳煥驥校)

应用水化学方法直接找油的討論

張金来

目前，水化学直接找油方法在生产实践中取得了一定的成效。根据近年的工作，就以下三个問題，談談我們的体会，如有不当之处，敬請指正。

一、水化学直接找油的一般原理

在介紹水化学直接找油的一般原理之前，我們首先介紹“湿化”这一概念。所謂“湿化”是指地表水或潜水与深水（油田水）发生地球化学的或水力的联系时，地表水或潜水的化学成分由于受深水的影响而发生的变化。这样作用称“湿化作用”。

我們常常可以看到这些現象：(1) 盐丘上部土壤常常发生强烈的盐渍化現象；(2) 油气藏地区土壤表面发生的盐渍化；(3) 油气藏地区潜水或地表水的化学成分具有与油田水相似的特征，而明显地区别于油气藏之外潜水及地表水的化学成分。

上述事实表明，~~深~~处水的盐类是可以向上方或地表轉移的，由于油藏地区比較普遍地存在着潜水或地表水的“湿化”現象。因此，湿化作用是水化学直接找油的理論基础。

潜水或地表水之所以能够发生湿化，是由于油田水具有与一般地层水迥然不同的特征。油田水的一般特征是：

- (1) 矿化度极高，可达 200 克/升或更高；
- (2) 为 NaHCO_3 型或 CaCl_2 型，氯化物含量很高，尤其是 NaCl 盐的含量，可达 95% 以上；
- (3) 微含或不含硫酸盐，因此 $r\text{SO}_4/r\text{Cl}$ 比值很小，或为零；
- (4) 具有或富含环烷酸、碘、溴、鋇、鋇、硼、錳等微量元素組分；
- (5) 具有某些溶解气体，如 H_2S 、 CO_2 、 CH_4 及重烴类等。

形成油田水上述特征的作用是：(1) 浓缩—矿化作用，使油田水的矿化度增高和氯化物大量聚集；(2) 生物化学的还原作用 ($\text{SO}_4^{2-} + 2\text{C} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{S} + 2\text{HCO}_3^-$) 导致油田水中的 SO_4^{2-} 含量甚微或完全消失，出現 H_2S ，形成 NaHCO_3 型或 CaCl_2 型水；(3) 微量組分的富集作用 (I, Br, Ba 等微量組分的聚集)；(4) 石油組分的扩散作用。